

Кристаллическая структура и особенности перемagnetничивания тонких пленок $\text{Ni}_x\text{Fe}_{100-x}$

АданакOVA Ольга Анатольевна

Свалов Андрей Владимирович, Лепаловский Владимир Николаевич, Васковский Владимир Олегович

Уральский федеральный университет имени первого Президента России Б.Н. Ельцина

Васковский Владимир Олегович, д.ф.-м.н.

Olga.Adanakova@urfu.ru

Несмотря на то, что сплавы пермаллоя в настоящее время довольно подробно изучены, они продолжают представлять исследовательский интерес, связанный с расширяющимся применением плёнок данного материала. Плёнки или плёночные слои пермаллоя являются основой многочисленных сред, таких как слоистые наноразмерные структуры для спиновых клапанов, используемые в устройствах магнитной сенсорики и магнитной памяти. Целью настоящей работы стало систематическое исследование кристаллической структуры, магнитных свойств и доменной структуры тонких магнитных пленок системы $\text{Ni}_x\text{Fe}_{100-x}$.

Эксперимент выполнен на серии образцов $\text{SiO}_2/\text{Ta}/\text{Ni}_x\text{Fe}_{100-x}/\text{Ta}$, полученных методом магнетронного распыления однокомпонентных (Fe, Ni, Ta) мишеней. Формирование плёночных структур осуществлялось на стеклянных подложках в присутствии однородного магнитного поля напряженностью 250 Э, ориентированного в плоскости подложек. Состав магнитного слоя Fe-Ni варьировался путём изменения соотношения скоростей осаждения компонентов при одновременном распылении мишеней Fe и Ni и контролировался с помощью рентгенофлуоресцентного спектрометра Nanohunter. Толщины слоев Ni-Fe и Ta задавались временем распыления мишеней по заранее определенным скоростям осаждения используемых материалов и составили 40 и 5 нм соответственно. Кристаллическая структура полученных образцов анализировалась с помощью дифрактометра PHILIPS X'PERT PRO. Измерения полевых зависимостей намагниченности $M(H)$ при комнатной температуре проводились на вибрационном магнитометре. Наблюдение доменной структуры выполнялось при помощи магнитооптического Керр-микроскопа Evico magnetics.

Рентгеновская дифрактометрия подтвердила, что в плёнках системы $\text{Ni}_x\text{Fe}_{100-x}$, как и в сплавах, реализуется ОЦК (для $x < 40$ ат.%) или ГЦК (для $x > 40$ ат.%) кристаллическая структура. Параметр решётки a в каждой из этих областей монотонно зависит от состава, а при $x \sim 40$ ат.% испытывает скачок (рис. 1а). Причём в этой так называемой инвариной области, по-видимому, имеет место структурная фазовая неоднородность. Анализ петель гистерезиса $M(H)$, измеренных вдоль оси приложения технологического поля, позволил определить концентрационные зависимости спонтанной намагниченности M_s (рис. 1б) и коэрцитивной силы H_c (рис. 1в) слоев Ni-Fe. Можно констатировать, что M_s практически монотонно уменьшается с ростом x , проявляя слабо выраженную особенность в инвариной области. Но концентрационное изменение H_c имеет иной характер. На зависимости $H_c(x)$ можно выделить несколько характерных концентрационных диапазонов. При 0 ат.% $< x < 30$ ат.% (диапазон I) и 65 ат.% $< x < 85$ ат.% (диапазон II) коэрцитивная сила относительно стабильна, а её уровень составляет около 20 и 1–2 Э соответственно. При 30 ат.% $< x < 60$ ат.% (диапазон III) и $x > 85$ ат.% (диапазон IV) имеет место значительное возрастание H_c .

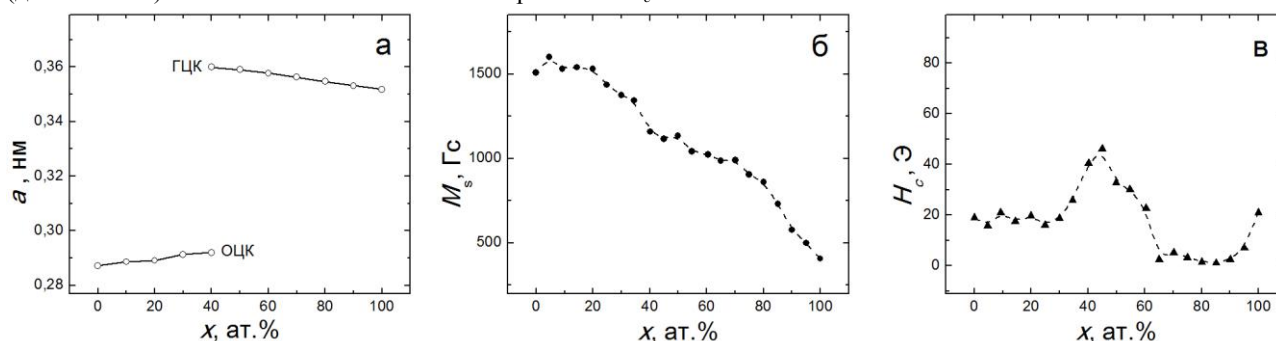


рис. 1. Концентрационные зависимости параметра решетки (а), спонтанной намагниченности (б) и коэрцитивной силы (в) пленок $\text{Ni}_x\text{Fe}_{100-x}$

Нами выполнено более детальное исследование процессов перемagnetничивания в указанных концентрационных диапазонах. Соответствующие магнитооптические петли гистерезиса и типичные картины магнитных доменов приведены на рис. 2. Из их вида можно заключить о том, что в диапазонах I и II (рис. 2а) перемagnetничивание происходит резко путём зарождения доменов обратной магнитной фазы и скачкообразного смещения их границ. Для образцов $\text{Ni}_{40}\text{Fe}_{60}$ и $\text{Ni}_{45}\text{Fe}_{55}$, находящихся в диапазоне III, характерно менее резкое изменение намагниченности, сопровождающееся образованием нерегулярной мелкомасштабной доменной структуры (рис. 2б). В диапазоне IV (рис. 2в) наблюдаются непрямоугольные петли гистерезиса и специфическая доменная структура, свидетельствующие о достаточно сложном распределении намагниченности. Анализ причин описанных особенностей процессов перемagnetничивания выполнен с

привлечением литературных данных о концентрационном изменении магнитной анизотропии и магнитострикции сплавов Fe-Ni.

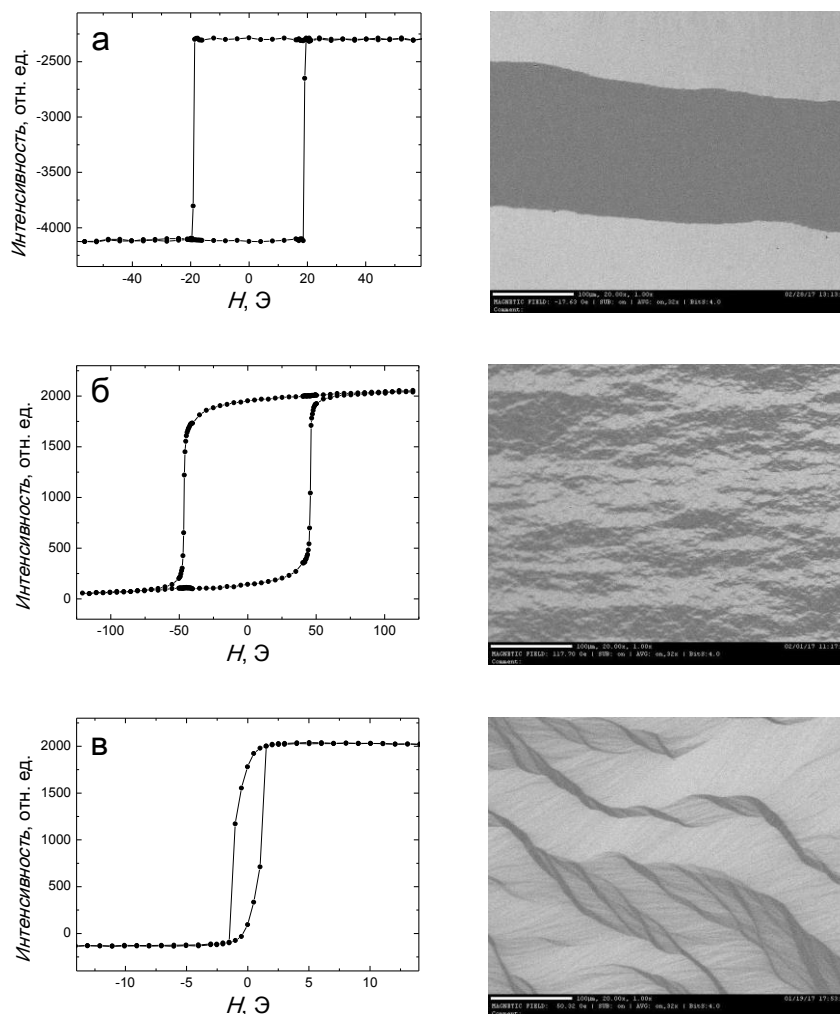


рис. 2. Виды петель гистерезиса и доменной структуры, полученные на образцах:
а – Fe, б – $Ni_{45}Fe_{55}$, в – $Ni_{85}Fe_{15}$

Работа выполнена с использованием оборудования УЦКП «Современные нанотехнологии» Уральского федерального университета при финансовой поддержке Министерства образования и науки РФ, проект 3.6121.2017/БЧ.

Влияние отжига на магнитные свойства быстрозакаленных сплавов системы $Nd(FeCo)B$

Алексеев Игорь Викторович

Волегов Алексей Сергеевич, Андреев Сергей Витальевич

Уральский федеральный университет имени первого президента Б. Н. Ельцина

Барташевич Михаил Иванович

supesh@mail.ru

Со времени открытия сплавов системы Nd-Fe-B прошло уже несколько десятилетий, тем не менее, научный интерес к ним до сих пор сохраняется. Однако все большее внимание уделяется не тройным сплавам, а сплавам, легированным различными металлами. Одним из примеров является замещение переходных металлов группы железа, например, железа на кобальт. Подобное варьирование стехиометрического состава может значительно влиять на магнитные свойства. Но на них так же влияют и технологические процессы, с помощью которых достигаются оптимальные магнитные свойства. Примером может служить кристаллизационный отжиг,